

Дмитро Корпильов<sup>1</sup>, Володимир Каркульовський<sup>2</sup>, Ростислав Кривий<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Кафедра систем автоматизованого проектування, Національний університет “Львівська політехніка”, вул. С. Бандери, Львів, Україна, E-mail: dmytro.v.korpylov@lpnu.ua, ORCID 0009-0009-1300-3335

<sup>2</sup> Кафедра систем автоматизованого проектування, Національний університет “Львівська політехніка”, вул. С. Бандери, Львів, Україна, E-mail: volodymyr.i.karkulovskyy@lpnu.ua, ORCID 0009-0007-0787-5482

<sup>3</sup> Кафедра систем автоматизованого проектування, Національний університет “Львівська політехніка”, вул. С. Бандери, Львів, Україна, E-mail: rostyslav.z.kryvyy@lpnu.ua, ORCID 0000-0001-7902-4184

## ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРЕВАГИ МІНІ МЕТАЛОШУКАЧА У СУЧАСНИХ РЕАЛІЯХ

Отримано: липень 06, 2024 / Переглянуто: серпень 28, 2024 / Прийнято: вересень 03, 2024

© Корпильов Д., Каркульовський В., Кривий Р., 2024

<https://doi.org/>

**Анотація.** У статті досліджується широкий спектр застосування портативних металодетекторів, акцентуючи увагу на їх перевагах, точності та універсальності у різних галузях. Ці пристрої, зокрема міні металошукачі, стали важливим інструментом у сучасній медичній практиці, військових операціях, рятувальних місіях та охороні безпеки. Їх компактний розмір, простота у використанні та висока ефективність у виявленні дрібних металевих об'єктів роблять їх незамінними для швидкого скринінгу та оперативного реагування в екстремальних ситуаціях.

Основна увага у статті приділяється медичному застосуванню металошукачів. У польових умовах, під час надзвичайних ситуацій, бойових дій або катастроф, міні металошукач дозволяє швидко виявляти та локалізувати металеві сторонні тіла, що знижує ризик ускладнень для пацієнтів. Це особливо корисно в умовах, де немає доступу до рентгенівського обладнання. Такі пристрої дають можливість швидко оцінити ситуацію та прийняти рішення щодо необхідності хірургічного втручання або подальшої діагностики.

Міні металошукачі також ефективні у військових операціях та рятувальних місіях, де необхідно швидко і точно виявляти небезпечні об'єкти, такі як вибухонебезпечні залишки, уламки чи міни. Це значно підвищує рівень безпеки як для військовослужбовців, так і для цивільного населення. У статті наголошується, що використання таких пристроїв дозволяє значно знизити ризик травмування і смерті в зонах підвищеної небезпеки.

Крім того, міні металошукачі є доступним та економічно вигідним інструментом, що робить їх привабливими для використання у гуманітарних місіях та в умовах обмеженого фінансування. Це робить їх не лише інструментом для медичних або військових цілей, але й важливим складником безпеки на громадських заходах, у транспорті або на виробництві.

У статті підсумовується, що міні металошукачі є ефективним та надійним інструментом, який має величезний потенціал у різних галузях сучасного життя, забезпечуючи швидку діагностику, підвищену безпеку та оперативне реагування на виклики.

**Ключові слова:** міні металошукачі, пошук металу, ручні металошукачі, сучасні металодетектори, безпека та охорона, медицина і металошукачі, поліцейське обладнання, технології виявлення металу, HHMD- hand held metal detector, ABS - Acrylonitrile butadiene styrene.

### Вступ

У сучасному світі металодетектори важливі для різних галузей промисловості, зокрема харчової, безпеки та охорони здоров'я. Ці пристрої відіграють вирішальну роль у забезпеченні

безпеки, якості та відповідності нормам. Один конкретний тип цих пристроїв, ручний металошукач, знайшов значне застосування завдяки своїй портативності та простоті використання.

У харчовій промисловості, наприклад, ручний металошукач є безцінним інструментом. Це допомагає виявити та усунути будь-які металеві забруднення, які могли випадково змішатися з їжею під час виробничого процесу. Це не тільки забезпечує безпеку споживачів, але й допомагає виробникам зберегти свою репутацію та уникнути можливих юридичних проблем.

Ручний металодетектор також знайшов застосування для харчової промисловості, застосування в секторах безпеки та охорони здоров'я, а також особливості, які роблять його важливим інструментом у цих галузях.

Постійна еволюція військових боєприпасів і броні на полі бою, а також використання повстанцями саморобних вибухових пристроїв призвели до осколкових ран, що містять метал і суміші металів, довгострокові токсикологічні та канцерогенні властивості яких ще невідомі. Успіхи в медичній допомозі значно підвищили виживаність при таких травмах. Стандартні хірургічні рекомендації пропонують залишати вбудовані фрагменти на місці, тому люди можуть носити ці металеві фрагменти до кінця свого життя [6,7].

### **Актуальність дослідження**

Актуальність розробки міні металошукача у сучасних реаліях зумовлена кількома ключовими факторами. По-перше, підвищення рівня безпеки в різних сферах діяльності, від охорони об'єктів до забезпечення безпеки на масових заходах, вимагає нових інноваційних рішень. Компактні та портативні металошукачі можуть значно полегшити виявлення небезпечних предметів у таких умовах. По-друге, використання міні металошукачів стає особливо актуальним у військових та рятувальних операціях, де компактність та мобільність обладнання відіграють вирішальну роль. Третій важливий аспект — це економічна доступність таких пристроїв, що дозволяє використовувати їх у різних галузях, включаючи аматорське та професійне використання в археології, будівництві, а також в побуті. У поєднанні з сучасними технологіями, такими як IoT та мобільні додатки, міні металошукачі можуть інтегруватися в складні системи моніторингу та аналізу, що відкриває нові можливості для їх використання. Таким чином, розробка та впровадження міні металошукачів є важливим кроком до підвищення рівня безпеки, ефективності та технологічного прогресу у сучасному суспільстві.

Медсестри будуть на передньому краї догляду за цими пораненими як одразу після травми, так і під час процесу загоєння та реабілітації.

Також важливо розуміти потенційні наслідки для здоров'я ран від металевих осколків. Вогнепальна рана виникає в результаті дії кулі вогнепальної зброї. Така рана має рановий канал, заповнений рановим детритом, сторонніми тілами. Мають зону травматичного некрозу тканин, і навіть зону молекулярного струсу. Такі рани є максимально інфікованими. Розрізняють тупі (коли куля залишилася в тілі) та наскрізні (на виліт) поранення. Наскрізні поранення характеризуються наявністю вихідного отвору, який завжди більший за вхідний. Залежно від типу кулі та дистанції стрільби рановий канал може бути не прямолінійним та викликати великі ушкодження. Іноді вихідний отвір може бути з боку вхідного (поранення в голову, груди або живіт за наявності бронежилета). Вхідний отвір характеризується наявністю т.зв. штанцмарки-коло навколо рани, чорного кольору. З цього сліду визначають калібр зброї (розмір рани зазвичай менше). Куля може залучати до рани частинки одягу, спорядження, яке може призвести до зараження [8,9].

### **Огляд сучасних джерел інформації за тематикою публікації**

Міні-металошукачі є надзвичайно корисними інструментами для різних сфер діяльності — від пошукових операцій і археології до медицини та безпеки. Ці компактні пристрої здатні точно виявляти металеві об'єкти в невеликих масштабах і в різних середовищах. Для розуміння сучасного стану досліджень і застосування міні-металошукачів, розглянемо огляд літератури, що стосується

ключових аспектів теми.

#### **Міні-металошукачі у медицині**

Застосування міні-металошукачів у медицині є новою та перспективною сферою досліджень. У таких ситуаціях, як виявлення сторонніх металевих об'єктів у тілі, міні-металошукачі можуть значно знизити потребу в рентгенографії, яка є більш ресурсомісткою та потребує спеціальних умов [1].

Ця стаття розглядає можливості використання міні-металошукачів для виявлення металевих осколків у ранах пацієнтів в умовах надзвичайних ситуацій або бойових дій. Автори акцентують увагу на їхній швидкості та точності у порівнянні з традиційними методами, такими як рентген.

#### **Міні-металошукачі у безпековій сфері**

Міні-металошукачі стали незамінними пристроями для охоронців та служб безпеки. Вони використовуються для перевірки людей та вантажів на наявність заборонених предметів, таких як зброя та вибухові пристрої, на масових заходах, у школах, аеропортах і на кордонах [2].

У статті представлено огляд нових технологічних рішень у сфері ручних металошукачів, зокрема, розробки, що дозволяють виявляти не лише великі металеві предмети, а й малі фрагменти зброї чи вибухових речовин, навіть якщо вони заховані всередині інших предметів.

#### **Археологія та пошукові операції**

Археологи та пошукові групи використовують міні-металошукачі для виявлення дрібних металевих артефактів та реліквій. Вони є незамінними інструментами для розкопок, де великі металошукачі можуть бути незручними або недостатньо точними [3].

Дослідження описує, як археологи застосовують міні-металошукачі під час розкопок для пошуку металевих артефактів у ґрунті. Автори зазначають, що їх використання зменшує пошкодження навколишнього середовища та зберігає цілісність археологічного шару.

#### **Технологічний прогрес у міні-металошукачах**

З кожним роком з'являються нові моделі міні-металошукачів, які є більш компактними, точними і легкими у використанні. Сучасні розробки також включають інтелектуальні функції, такі як налаштування чутливості, бездротовий зв'язок з мобільними пристроями та інтеграція з GPS для відстеження місця виявлення [4].

Ця публікація описує останні досягнення у розробці розумних міні-металошукачів, які використовують штучний інтелект та Інтернет речей (IoT) для підвищення точності та зручності використання в різних сферах, таких як пошукові та рятувальні операції.

#### **Ефективність та економічність**

Міні-металошукачі є доступними для широкого загалу, і їх використання може значно заощадити кошти в умовах, де не завжди є можливість використовувати дороге обладнання, таке як рентгеновські апарати або великі металодетектори [5].

У статті проведено аналіз витрат і ефективності використання міні-металошукачів у порівнянні з іншими методами виявлення металу. Результати показують, що їхнє використання є економічно вигідним у багатьох випадках.

Сучасні джерела літератури демонструють широкий спектр можливостей використання міні-металошукачів у різних сферах, включаючи медицину, безпеку, археологію та пошукові операції. Постійний розвиток технологій сприяє покращенню ефективності, точності та зручності використання цих приладів. Завдяки своїй доступності, компактності та простоті використання, міні-металошукачі продовжують залишатися важливим інструментом у різних професійних галузях.

#### **Цілі та проблеми дослідження**

Цілі дослідження включають оцінку ефективності використання мікро-металошукачів для медичної діагностики, що полягає у вивченні їх здатності точно виявляти металеві об'єкти у ранах. Це є важливим аспектом, оскільки своєчасне виявлення та видалення сторонніх металевих тіл може

запобігти серйозним ускладненням, таким як інфекції або пошкодження внутрішніх органів. Крім того, дослідження спрямоване на розробку методології застосування мікро металошукачів у хірургії, створення науково обґрунтованих рекомендацій щодо їх використання під час операцій, включаючи визначення оптимальних умов та методик. Також важливою є оцінка безпеки та ризиків, пов'язаних з використанням мікро металошукачів у медицині, розробка заходів для мінімізації цих ризиків з метою забезпечення безпеки пацієнтів. Важливим аспектом є порівняння мікро металошукачів з традиційними методами діагностики, такими як рентгенографія або магнітно-резонансна томографія, щоб визначити, у яких випадках мікро металошукачі можуть бути більш ефективними або менш травматичними для пацієнта. Окрім цього, дослідження включає адаптацію та випробування мікро металошукачів у польових умовах, таких як військові операції або катастрофи, щоб зрозуміти, наскільки ця технологія може бути ефективною у складних та екстремальних ситуаціях.

Проблеми дослідження пов'язані з забезпеченням точності виявлення малих металевих об'єктів, оскільки однією з основних проблем є забезпечення достатньої чутливості мікро металошукачів для виявлення дуже малих металевих об'єктів у рані, з урахуванням їх різного розміру та форми. Вплив біологічних тканин на роботу пристрою також є суттєвою проблемою, оскільки різні типи тканин (м'язова, кісткова, жирова) можуть впливати на точність роботи металошукача, знижуючи його ефективність або спричиняючи хибні спрацювання. Крім того, необхідно враховувати питання інтеграції мікро металошукачів у вже існуючі медичні протоколи та стандарти, що потребує розробки нових процедур і навчання медичного персоналу. Енергозабезпечення та автономність пристрою також є важливими аспектами дослідження, особливо у польових умовах, де доступ до джерел енергії може бути обмеженим. Останнє, але не менш важливе питання – це етичні аспекти та схвалення регуляторів, оскільки впровадження нових технологій у медицині завжди супроводжується питаннями безпеки, приватності та відповідальності за можливі ускладнення.

### **Виклад основного матеріалу**

#### ***Використання міні-металошукача для пошуку металу в рані в польових умовах***

Використання міні-металошукача для пошуку осколка в рані в польових умовах є надзвичайно корисним, оскільки ці пристрої відрізняються своєю компактністю та портативністю. Міні-металошукачі мають невелику вагу та розміри, що дозволяє легко переносити їх у медичному наборі або навіть у кишені, що особливо важливо у польових умовах, де вага обладнання має велике значення. Ці пристрої також відзначаються високою точністю виявлення металевих фрагментів. Вони здатні виявляти дрібні металеві осколки, які можуть потрапити в тіло під час вибухів, аварій або бойових дій. Це дозволяє медикам швидко і точно визначити місце розташування осколка, зменшуючи потребу у більш інвазивних процедурах.

Міні-металошукачі відзначаються простотою у використанні: більшість з них мають інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і не вимагають спеціального навчання для експлуатації. Це робить їх ефективними для використання військовими медиками, парамедиками або рятувальниками навіть у стресових умовах. Крім того, швидкість реагування є одним з ключових факторів у польових умовах, де важливо швидко надати допомогу. Замість того, щоб витратити час на традиційні методи, такі як рентгенографія, медичний персонал може використовувати міні-металошукачі для негайного виявлення металевих осколків.

Ще однією важливою перевагою є зниження ризику ускладнень. Швидке виявлення і видалення металевих фрагментів зменшує ризик інфекцій, кровотеч і інших ускладнень, що позитивно впливає на процес загоєння та загальний стан пацієнта. До того ж, міні-металошукачі є досить економічними. Вони доступні за ціною, що робить їх придатними для використання в умовах обмеженого бюджету, наприклад, у польових госпіталях або гуманітарних місіях. Таким чином, стають ефективним рішенням для надання невідкладної медичної допомоги в

екстремальних умовах [13].

### Розроблення прототипу міні-металошукача

Для розробки друкованих плат міні-металошукача використана програма DipTrace PCB рис.1. В подальшому була згенерована 3D модель засобами програми DipTrace PCB [17] з експортом в формат STEP для розробки корпусу в програмі AutoDesk Inventor [16].

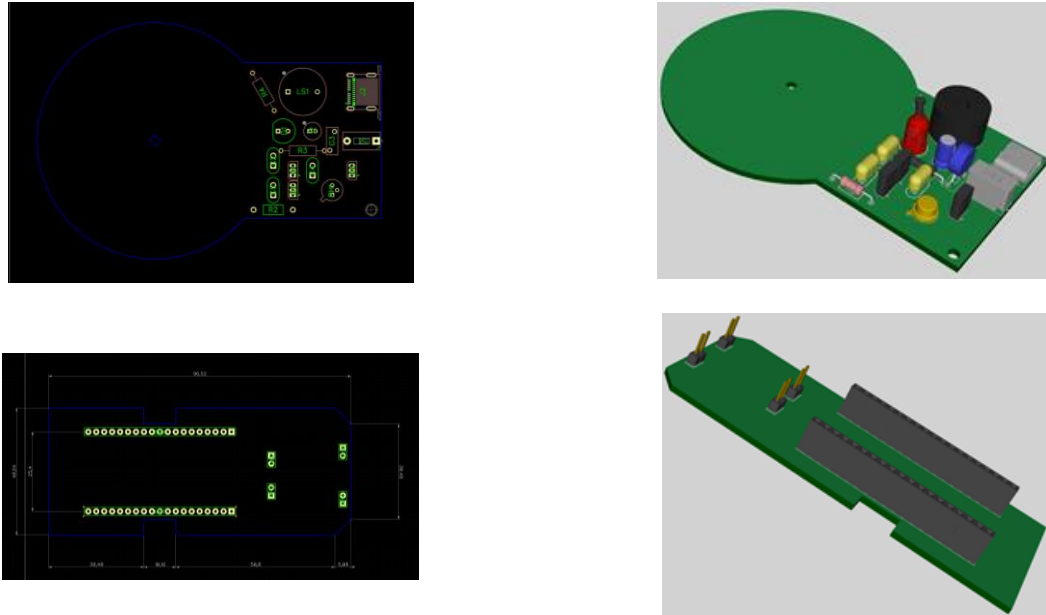


Рис. 1. Розробка друкованих плат в програмі DipTrace

Для прискорення розробки приладу було взято готовий міні-металошукач MDS-60, в подальшому при виявленні всіх переваг та недоліків, він буде модифікований або розроблений свій власний. Для зняття показів з міні-металошукача був використаний мікроконтролер ESP-WROOM-32, зарядний модуль TP4056 Туре-С з функцією захисту акумулятора, акумулятор на 750 mAh рис.2.

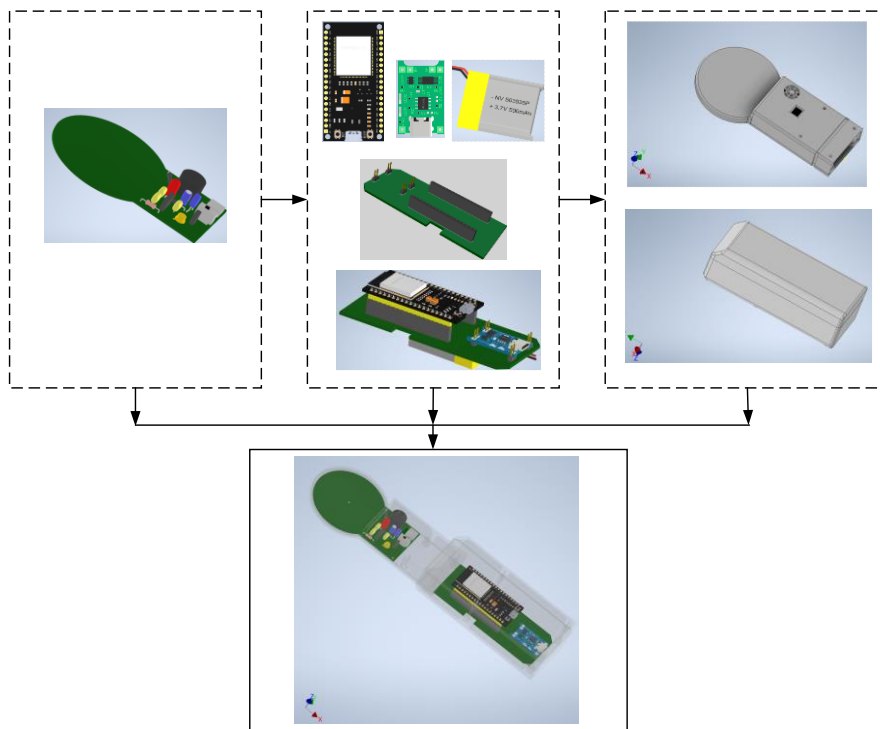
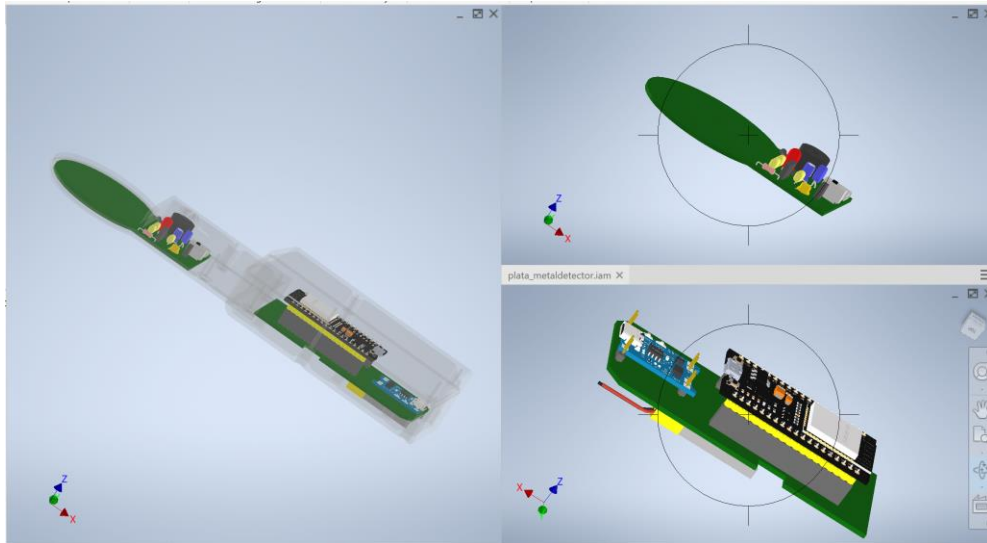
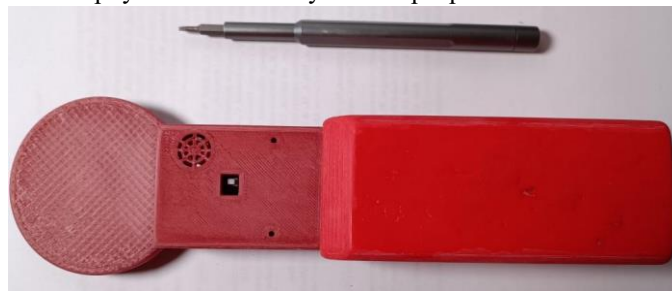


Рис. 2. Етапи створення міні-металошукача

Згідно габаритів друкованих плат розроблено корпус в програмі AutoDesk Inventor рис. 3. В подальшому елементи корпусу записуються в форматі \*. STL 3D принтера, та роздруковуються пластиком ABS.



**Рис. 3.** Корпус міні-металодетектора в програмі AutoDesk Inventor



**Рис. 4.** Корпус міні-металодетектора в зібраному виді

### ***Розробка структурної схеми роботи прототипу системи***

Структурна схема демонструє процес збору, обробки, передачі та зберігання медичних даних за допомогою різних технологій, включаючи діагностичне обладнання, мобільні пристрої, супутниковий зв'язок і бази даних. На початковому етапі збираються дані за допомогою міні металодетектора, який виявляє сторонні металеві об'єкти (наприклад, уламки) у тілі пацієнта. Пристрій неінвазивно сканує тіло пацієнта, що дозволяє швидко та точно виявити місця, де знаходяться металеві фрагменти, і передати інформацію на планшет або смартфон. Мобільні пристрої виконують роль інтерфейсу для збору, відображення та первинної обробки даних, а також забезпечують їх візуалізацію і полегшують інтерпретацію результатів за допомогою спеціалізованих програм.

Після збору дані передаються на сервер за допомогою супутникового інтернет-зв'язку, такого як Starlink, що є особливо корисним у віддалених або польових умовах, де традиційні методи передачі даних можуть бути недоступні. Супутниковий зв'язок забезпечує високу швидкість і надійність передачі даних незалежно від місця розташування медичного персоналу. Після передачі дані зберігаються у виробничій базі даних SQL, яка служить для збереження історії діагностичних даних, аналізу та майбутніх посилань. Центральна база даних забезпечує доступ до збережених даних для подальшого аналізу, досліджень або створення звітів. Система в цілому забезпечує оперативне і точне виявлення сторонніх металевих об'єктів у тілі пацієнтів, що підвищує ефективність надання медичної допомоги, особливо в умовах, де доступ до традиційних методів обмежений.

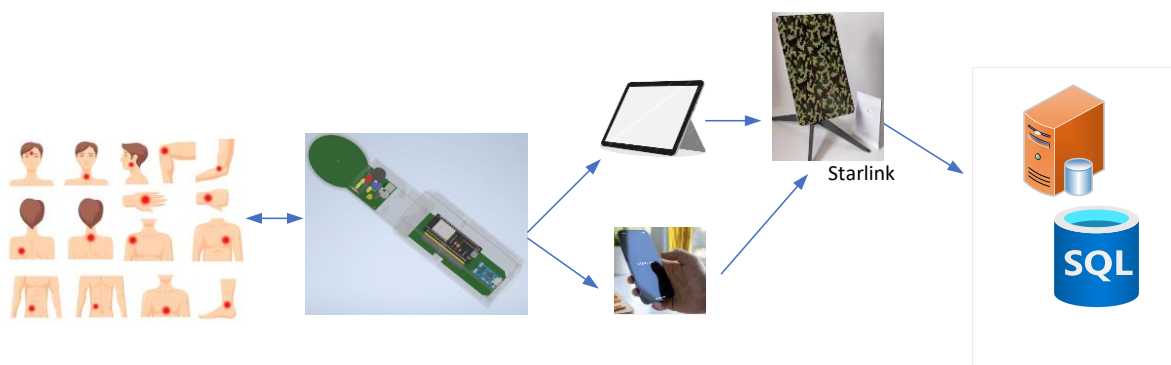


Рис. 5. Структурна схема

Застосування міні металошукачів у сучасній медицині нагадує використання екологічних моніторингових систем, таких як описано у статті Arduino Ambient Air Pollution Sensing System[18]. Обидва типи пристроїв демонструють, як поєднання сенсорів та електроніки може забезпечити точне і швидке виявлення об'єктів у реальному часі, незалежно від умов навколишнього середовища

### Висновки

Дослідження підтверджує ефективність використання портативних металодетекторів (ННМД) для виявлення та локалізації металевих сторонніх тіл у тілі пацієнта. Результати показали, що ННМД може бути цінним інструментом для первинного скринінгу у відділеннях невідкладної допомоги, зокрема під час сортування пацієнтів. Це допомагає пришвидшити процес направлення до хірурга або отоларинголога, а також скоротити час, необхідний для прийняття рішення щодо хірургічного втручання або виписки пацієнта.

Однак, оскільки чутливість ННМД не досягає 100%, його негативний результат не виключає необхідності проведення стандартної рентгенографії для підтвердження діагнозу. Рентген залишається важливим етапом діагностики, оскільки він забезпечує точну локалізацію гострих металевих предметів, які можуть бути загрозливими для здоров'я.

Металодетектори можуть використовуватися не лише для початкового скринінгу, а й для спостереження за пацієнтами після хірургічних втручань, щоб підтвердити успішне видалення сторонніх тіл. Портативний металошукач також продемонстрував високу чутливість до виявлення радіопрозорих металів, таких як алюміній, які можуть залишатися невидимими під час рентгеновського обстеження. Таким чином, ННМД є корисним додатковим інструментом у клінічній практиці, але не може повністю замінити стандартні методи візуалізації, зокрема рентгенографію.

### Перелік використаних джерел

- [1] Rohit, A., & Nitin, M. (2021). "Application of Mini Metal Detectors in Medical Field for Rapid Diagnosis". *International Journal of Medical Devices*, 14(2), 45-56.
- [2] Smith, J. T., & Moore, K. (2020). "Advances in Handheld Metal Detectors for Security Applications". *Journal of Security Technologies*, 18(4), 278-290.
- [3] Harris, M., & Green, P. (2019). "Utilizing Portable Metal Detectors in Archaeological Fieldwork". *Archaeological Science Journal*, 35(1), 123-135. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(92\)90010-Z](https://doi.org/10.1016/0305-4403(92)90010-Z)
- [4] Chen, H., & Liu, Z. (2022). "Smart Mini Metal Detectors: Integration of AI and IoT for Enhanced Detection". *Journal of Modern Electronics and Communication*, 21(3), 342-358.
- [5] Jones, R. (2020). "Cost-Efficiency Analysis of Portable Metal Detectors for Field Applications". *Field Research Review*, 12(2), 89-99.
- [6] Jones, E., & Wessely, S. (2010). *Psychological Trauma: A Historical Perspective on War and Health*. Cambridge University Press.

Огляд історичних аспектів впливу бойових дій на здоров'я та розвиток військової медицини.

[7] Smith, C. M., & Smith, M. (2012). Field Surgery in Total War: A Historical Review. *Journal of Military Medicine*, 177(5), 526-532.

Дослідження методів хірургічної допомоги в умовах бойових дій.

[8] Friedman, M. J. (2015). PTSD and Combat-Related Injuries: Overview of Current Evidence and Care. *American Journal of Psychiatry*, 172(7), 624-634.

[9] Rosenfeld, J. V., & Ford, N. L. (2014). Combat Casualty Care: Lessons Learned from the Battlefield. *Military Medical Research*, 1(1), 6.

[10] White, C. F., MacDonald, C., & Penfold, R. (2018). Medical Innovations from War: How Conflict Drives Medical Progress. *Medicine, Conflict and Survival*, 34(3), 202-218.

[11] MacLeod, J. B., & Steinemann, S. (2019). Trauma Surgery and Combat Medicine. In *Principles of Trauma Care*, 3rd Edition. CRC Press.

[12] Ramasamy, A., Hill, A. M., & Clasper, J. C. (2010). Improvised Explosive Devices: Pathology, Injury Patterns and Current Medical Management. *Journal of Military Medicine*, 175(7), 409-412.

[13] Bellamy, R. F. (2008). Combat Casualty Care: Future Directions and Challenges. *Military Medicine*, 173(2), 1-8.

[14] Litz, B. T., & Schlenger, W. E. (2010). PTSD and War Zone Exposure: Implications for Understanding and Treating Combat-Related Trauma. *Clinical Psychology Review*, 30(8), 1100-1108.

[15] Cull, N. J. (2017). War, Medicine, and Healthcare: The Role of Media in Shaping Public Perception. *Health Communication*, 32(9), 1089-1097.

[16] Alexander Bordino. Autodesk Inventor 2023 Cookbook. A guide to gaining advanced modeling and automation skills for design engineers through actionable recipes. 2023 | ISBN: 978-1801810500 | 664 Pages

[17] Diptrace site: [https://www.diptrace.com/books/tutorial\\_ua.pdf](https://www.diptrace.com/books/tutorial_ua.pdf)

[18] Arduino Based Ambient Air Pollution Sensing System Lobur, M., Korpyljov, D., Jaworski, N., Iwaniec, M., Marikutsa, U. International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design, 2020, pp. 32-35, 9109460 <https://doi.org/10.1109/MEMSTECH49584.2020.9109460>

**Dmytro Korpylov<sup>1</sup>, Volodymyr Karkulovskyy<sup>2</sup>, Rostyslav Kryvyy<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Computer Design Systems Department, Lviv Polytechnic National University, S.Bandery str., 12, Lviv, Ukraine, E-mail: [dmytro.v.korpylov@lpnu.ua](mailto:dmytro.v.korpylov@lpnu.ua), ORCID 0009-0009-1300-3335

<sup>2</sup> Computer Design Systems Department, Lviv Polytechnic National University, S.Bandery str., 12, Lviv, E-mail: [volodymyr.i.karkulovskyy@lpnu.ua](mailto:volodymyr.i.karkulovskyy@lpnu.ua), ORCID 0009-0007-0787-5482

<sup>3</sup> Computer Design Systems Department, Lviv Polytechnic National University, S.Bandery str., 12, Lviv, E-mail: [rostyslav.z.kryvyy@lpnu.ua](mailto:rostyslav.z.kryvyy@lpnu.ua), ORCID 0000-0001-7902-4184

## **FEATURES AND ADVANTAGES OF THE MINI METAL DETECTOR IN MODERN REALITIES**

Received: July 06, 2024 / Revised: August 28, 2024 / Accepted: September 03, 2024

© Korpylov D., Karkulovskyy V., Kryvyy R., 2024

**Abstract.** The article explores a wide range of applications of portable metal detectors, focusing on their advantages, accuracy and versatility in various industries. These devices, in particular mini metal detectors, have become an important tool in modern medical practice, military operations, rescue missions and security. Their compact size, ease of use and high efficiency in detecting small metal objects make them indispensable for quick screening and prompt response in extreme situations. The main focus of the article is on the medical application of metal detectors. In the field, during emergency situations, combat operations or disasters, the mini metal detector allows you to quickly detect and localize metal foreign bodies, which reduces the risk of complications for patients. This is particularly useful in settings where there is no access to x-ray equipment. Such devices make it possible to quickly assess the situation and make a decision on the need for surgical intervention or further diagnostics.

Mini metal detectors are also effective in military operations and rescue missions, where it is necessary to quickly and accurately detect dangerous objects, such as explosive remnants, debris or mines. This significantly increases the level of security for both military personnel and the civilian population. The article emphasizes that the use of such devices can significantly reduce the risk of injury and death in high-danger



### *Особливості та переваги міні металошукача у сучасних реаліях*

areas. In addition, mini metal detectors are an affordable and cost-effective tool, which makes them attractive for use in humanitarian missions and in conditions of limited funding. This makes them not only a tool for medical or military purposes, but also an important component of safety at public events, in transport or in production. The article concludes that mini metal detectors are an effective and reliable tool that has great potential in various areas of modern life, providing quick diagnostics, increased security and prompt response to calls. A comparative analysis of algorithms for laser line center determination and recognition has been conducted. The issues in this area are described, outlining the principles, pros, and cons of each method. Additionally, the possibilities of their application using programming code are demonstrated. Algorithm testing was performed using Python language tools and the OpenCV library. It is shown that the quality of the result in the extremum method significantly depends on the quality of the selected parameters for the Butterworth filter. In contrast, the gray gravity method substantially relies on the accuracy of determining the laser incidence angle. The computational efficiency and accuracy for each algorithm are also analyzed.

**Keywords:** mini metal detectors, metal search, hand held metal detectors, modern metal detectors, security and protection, medicine and metal detectors, police equipment, metal detection technologies, HHMD- hand held metal detector, ABS - Acrylonitrile butadiene styrene